DOI: 10.22092/spj.2023.362151.1306

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۸، شماره ۳، سال ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

اثر تراکم بوته و آرایش کاشت بر عملکرد، اندازه سوخ و انبارمانی دو رقم پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.)

Effect of Plant Density and Planting Arrangement on Yield, Bulb Size and Storage-Life of Two Onion (*Allium cepa* L.) Cultivars

بهرام رستم‌فرودی[1*] و محمدجواد زمانی[2]

۱ و ۲- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۶

چکیده

رستم‌فرودی، ب.، و زمانی، م. ج. ۱۴۰۱. اثر تراکم بوته و آرایش کاشت بر عملکرد، اندازه سوخ و انبارمانی دو رقم پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.). **مجله نهال و بذر ۳۸:** ۳۸۴-۳۶۵.

به‌منظور بررسی اثر تراکم بوته و آرایش کاشت بر عملکرد و اندازه سوخ در دو رقم پیاز خوراکی مروارید و زرگان، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر درکرج اجرا شد. ارقام مروارید و زرگان به‌صورت کشت نشایی در کرت‌های اصلی و دو عامل فاصله ردیف۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۵، ۷/۵، ۱۰و ۱۲/۵ سانتی‌متر به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. بیشترین عملکرد بازارپسند به ترتیب از آرایش‌های کاشت ۷/۵ × ۱۵ و ۱۰ × ۱۵ سانتی‌متر (تراکم‌های ۸۸/۸ و ۶۶/۷ بوته در مترمربع) به میزان ۷۳/۷ و ۶۷/۶ تن در هکتار حاصل شد. با کاهش تراکم، درصد وزنی پیازهای کوچک در رقم مروارید از ۳۸/۳۱ درصد به ۶/۵۷ درصد و در رقم زرگان از ۶۴/۱۲ درصد به ۷/۷۷ درصد کاهش یافت. در رقم مروارید با کاهش تراکم درصد پیازهای بزرگ، دوقلو و گردن کلفت به ترتیب از ۳/۱۹ درصد به ۱۹/۸۵ درصد و از ۷/۹۲ درصد به ۲۹/۴۱ درصد افزایش نشان داد. در رقم زرگان همزمان با کاهش تراکم تا ۶۶/۷ بوته در مترمربع (آرایش کاشت ۱۰ × ۱۵ سانتی‌متر)، میزان پیازهای متوسط از ۳۵/۷۸ درصد به ۸۰/۱۵ درصد افزایش یافت. در مدت انبارمانی، رقم مروارید در کلیه آرایش‌های کاشت متناظر نسبت به رقم زرگان درصد جوانه‌زنی و پوسیدگی کمتری داشت. بر اساس نتایج این پژوهش، برای ارقام مروارید و زرگان به‌ترتیب آرایش‌های کاشت ۷/۵ × ۱۵ و ۱۰ × ۱۵ سانتی‌متر به‌دلیل مصرف کمتر نشاء در مقایسه با تراکم‌های بیشتر توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پیازخوراکی، عملکرد کل، عملکرد بازارپسند، درصد جوانه زنی سوخ، پوسیدگی سوخ.

* نگارنده مسئول: brforodi@yahoo.com تلفن: ۰۲۶۳۶۷۰۲۹۸۳

مقدمه

پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) از جمله سبزی‌های بسیار مهم در جیره غذایی است که از ارزش غذایی و بهداشتی بالایی به‌علت وجود ترکیبات غذایی، عناصر معدنی، ویتامین‌ها، ماده پایین آورنده قند و فشار خون برخوردار است (Brewster, 1994). سطح زیر کشت پیاز در دنیا حدود ۵/۷۷ میلیون هکتار، تولید جهانی آن ۱۰۶/۵۹ میلیون تن و میانگین عملکرد جهانی این محصول ۱۸/۴ تن در هکتار است (Anonymous, 2021). مصرف سرانه پیاز در ایران حدود ۲۲ کیلوگرم در سال است. سطح زیر کشت این گیاه در ایران حدود ۵۱/۵ هزار هکتار، تولید۱/۹ میلیون تن و عملکرد حدود۳۷/۳ تن در هکتار است (Anonymous, 2021).

شاخص سطح برگ و متعاقباً درصد نور دریافتی توسط برگ‌ها یکی از عوامل موثر بر عملکرد پیاز است، زیرا افزایش تراکم، باعث افزایش شاخص سطح برگ، افزایش درصد نور دریافتی و عملکرد بیشتر ماده خشک می‌شود. نتایج بررسی‌ها در کشت بهاره نشان داد که افزایش میانگین دما علیرغم یکسان بودن درصد نور دریافتی در سال‌های مورد بررسی باعث کاهش دوره رشد سوخ و راندمان تبدیل جذب نور به ماده خشک شد. همچنین با افزایش تلفات حاصل از تنفس در طی فرآیندهای نمو سوخ، عملکرد کل نیز کاهش یافت (Rabinowich and Brewster, 1990).

عملکرد ارقام پیاز تعیین کننده مقدار تولید است و از حاصل‌ضرب تعداد گیاه در واحد سطح در وزن متوسط سوخ پیاز به‌دست می‌آید. وزن متوسط سوخ پیاز به نوع رقم و تراکم کشت بستگی دارد. در شرایط بهینه برای فرآیندهای فیزیولوژیکی موثر بر عملکرد پیاز باید ارقام پیاز مورد کشت با فتوپریود (طول روز)، شرایط دمایی و طول فصل رشد مناطق هدف سازگار باشند. البته دستیابی به بیشینه عملکرد در تراکم‌های بالا به حاصلخیزی خاک و دسترسی کافی به آب آبیاری نیز وابسته است (Brewster, 1994).

در کنار عملکرد کل، بازارپسندی پیازهای تولید شده نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. یکی از شاخص‌های مهم بازارپسندی پیاز، اندازه سوخ تولید شده است. اغلب تقسیم‌بندی‌ها براساس اندازه قطر پیاز بوده و شامل اندازه‌های کوچک تا خیلی بزرگ است، اما اندازه‌ها در هر گروه و حتی اندازه موردپسند برای مصرف‌کننده در کشورها و مناطق مختلف تا حدودی متفاوت است (Frappell, 1973; Hatridge-Esh and Bennett, 1980; Boelt and Henriksen, 1991; Shock *et al*., 2015; Bosekeng and coetzer, 2015; Tegen *et al*., 2016; Santos *et al*., 2018).

دست‌یابی به عملکرد بالا توأم با وزن قابل قبول سوخ، نیازمند تعیین آرایش کاشت و فاصله مناسب بین بوته‌ها در ارقام پیاز است (Brewster, 1994). آرایش کاشت به تحمل ارقام به تراکم،

شرایط آب و هوایی منطقه و اندازه سوخ مورد نیاز بستگی دارد. انتخاب تراکم مناسب می‌تواند باعث بهره‌برداری بهتر از شرایط محیطی، بروز بهینه پتانسیل رقم و در نهایت افزایش عملکرد شود (Baier et al., 2009). مونـدال و همکـاران (Mondal et al., 1986) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته پیاز از ۲۵ تا ۴۰۰ بوته در مترمربع، مدت زمان لازم برای رسیدگی سوخ کوتاه‌تر شد و عملکرد سوخ نیز از ۰/۴۶ تا ۱/۰۲ کیلوگرم ماده خشک بر مترمربع افزایش یافت. ولی هم‌زمان اندازه پیازها به‌طور جدی کاهش یافت، به‌طوری‌که برای بازار معمول مناسب نبود.

بولت و هنریکسن (Boelt and Henriksen, 1991) اثر تراکم اسمی ۲۰۰-۳۳ بوته در مترمربع در آرایش‌های کاشت مختلف را بر روی یک رقم پیاز هیبرید بررسی و گزارش کردند که بیشترین عملکرد بازارپسند (پیازهای با قطر بیشتر از ۲۰ میلی‌متر) به‌میزان ۵۱/۸ تن در هکتار از حداکثر تراکم واقعی، ۱۸۵ بوته در مترمربع با آرایش کشت ۲/۵ × ۱۵ سانتی‌متر به دست آمد. البته با افزایش تراکم بوته در واحد سطح وزن متوسط پیاز از ۱۸۱ به ۶۴ گرم کاهش یافت. بلیسدال (Bleasdale,1966) گزارش کرد با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، عملکرد تا حد بهینه افزایش یافت، اما با افزایش بیشتر تراکم بوته عملکرد کاهش می‌یابد. البته در تراکم بوته بیش از تراکم بوته بهینه، برای دستیابی به عملکرد بالا، اندازه پیازها به قدری کوچک هستند که برای بازارهای معمولی قابل‌پسند و مناسب نیستند.

سانتوز و همکاران (Santos et al., 2018) در کشت بذری، اثر چهار فاصله بین بوته ۳، ۶، ۸ و ۱۰ سانتی‌متر با فاصله ثابت ۱۰ سانتی‌متر بین ردیف شامل تراکم‌های ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۶۶ و ۳۳۳ بوته در مترمربع را بر روی سه رقم پیاز، ریو داس آنتاس (Rio das Antas)، سرنا (Serena) و واله اورو ای پی ا یازده (Vale Ouro IPA 11) بررسی کردند. در این پژوهش مشخص شد که رقم سرنا نسبت به دو رقم دیگر تراکم پذیرتر بود، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد کل و عملکرد بازارپسند (قطر بیشتر از ۳۵ میلی‌متر) به ترتیب با میانگین ۱۰۱/۶ و ۹۷/۴ تن در هکتار در تیمار فاصله بین بوته ۳ سانتی‌متر به‌دست آمد. درصورتی‌که در رقم واله اورو ای پی ا یازده، دارای کمترین تراکم‌پذیری، بیشترین عملکرد کل و عملکرد بازارپسند به ترتیب با میانگین ۸۱/۸ و ۷۷/۱ تن در هکتار در فواصل بین بوته ۴/۴ و ۵/۳ سانتی‌متر به‌دست آمد. با افزایش فاصله بین بوته‌ها برای رقم ریو داس آنتاس، در فاصله بین بوته ۱۰ سانتی‌متر بیشترین درصد پیازهای دوقلو را به دلیل حساسیت بیشتر این رقم به این عارضه فیزیولوژیک به خود اختصاص داد. می و همکاران (May et al., 2007) نیز گزارش کردند که با کاهش تراکم بوته، درصد پیازهای دوقلو و گردن کلفت افزایش یافت که آنرا به دلیل رقابت کمتر بین بوته‌ها نسبت دادند.

شوک و همکاران (Shock et al., 2015) اثر تراکم بوته و روش‌های مختلف آبیاری در بسترهای کشت را در کشت بذری ارقام پیاز

بررسی کردند. در سال ۲۰۱۱ با افزایش تراکم بوته تا بیشترین تعداد واقعی ۵۱۴ هزار بوته در هکتار، عملکرد کل و عملکرد بازارپسند (قطر بیشتر از۵۷ میلی‌متر) به طور خطی به میزان ۱۱۸ و ۱۱۳ تن در هکتار افزایش یافت. اما درسال ۲۰۱۲ با افزایش تراکم بوته، تغییرات عملکرد کل و عملکرد بازارپسند رفتار نمایی (منحنی درجه دوم) داشت و بیشترین مقدارعملکرد کل و عملکرد بازارپسند از تراکم بوته های ۵۸۰۱۶۹ و ۵۰۷۴۶۳ بوته در هکتار به ترتیب به مقدار ۱۲۵ و ۱۱۵ تن در هکتار به دست آمد.

کاهسی و همکاران (Kahsay *et al*., 2013) با بررسی اثر فاصله روی ردیف ۱۰-۵ سانتی‌متر بر عملکرد چهار رقم پیاز گزارش کردند که با کاهش تراکم بوته از ۹۰ به ۴۵ بوته در مترمربع، عملکرد بازارپسند (قطر بیشتر از ۲۵ گرم) از ۳۴/۴ به ۲۸/۱ تن در هکتار کاهش یافت و در مدت دو ماه انبارداری، درصد پوسیدگی به‌علت ایجاد پیازهای بزرگ‌تر، از۸/۷ درصد به ۱۶/۵۴ درصد افزایش یافت. وارد (Ward, 1979) نیز اظهار داشت، با افزایش اندازه پیاز و تأخیر در برداشت، درصد پیازهای پوسیده و جوانه‌زده افزایش می‌یابد. ارقام پیاز از نظر دوره خواب (Dormancy) بسیار متفاوت هستند، در این رابطه میدما (Miedema, 1994) با بررسی ده رقم پیاز با قرار دادن آن‌ها در انبار تحت دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، تفاوت ۴۵ تا ۳۱۰ روز را در مورد شاخص جوانه‌زنی ۵۰ درصد سوخ‌ها مشاهده کرد. در بررسی انبارمانی جمعیت‌های پیاز ایرانی، در طی مدت چهار ماه نگهداری در انبار معمولی، کمترین درصد جوانه‌زنی و درصد پوسیدگی به جمعیت سفید قم اختصاص یافت (Rostam Foroudi, 2006).

هتریج-اش و بنت (Hatridge-Esh and Bennett, 1980) با بررسی اثر تراکم ۱۰۰-۷ گیاه در مترمربع با نسبت فاصله بین ردیف به فاصله بوته روی ردیف ۱/۸ و ۷ بر روی یک رقم روزبلند گزارش کردند، میانگین عملکرد پیاز با افزایش تراکم بوته همبستگی مثبت و با آرایش کاشت همبستگی منفی داشت. همچنین با افزایش تراکم بوته و نسبت فاصله بین ردیف به فاصله بوته روی ردیف، تعداد روز تا بلوغ و اندازه پیاز کاهش یافت. بیشترین عملکرد بازارپسند (پیازهای با قطر بیشتر از ۵۵ میلی‌متر) از تراکم ۸۰۰ هزار بوته در هکتار نسبت به تراکم‌های یک میلیون و ۴۰۰ هزار بوته در هکتار به دست آمد. در این پژوهش، کاهش عملکرد پیاز ناشی از افزایش نسبت فاصله بین ردیف به فاصله بوته روی ردیف به علت کاهش تعداد پیازهای بزرگ (قطر ۱۱۵-۷۵ میلی‌متر) و افزایش عملکرد ناشی از افزایش تراکم به علت افزایش تعداد پیازهای متوسط (قطر ۷۵- ۵۵ میلی‌متر) بود.

بروستر (Brewster, 1994) و فرپل (Frappell, 1973) گزارش کردند که در تراکم بوته‌های مساوی، با کاهش فاصله بین ردیف، عملکرد افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که کاهش نسبت فاصله بین ردیف به فاصله بوته

روی ردیف از هشت به یک باعث افزایش ۲۰- ۱۰ درصدی عملکرد پیاز شد. اما در برخی موارد گزارش شده است که در تراکم بوته های مساوی، کاهش نسبت فاصله بین ردیف به فاصله بوته روی ردیف باعث بروز تغییراتی در اندازه‌های مختلف پیاز نسبت به‌هم می‌شود، اما این تغییرات تاثیر معنی‌داری روی عملکرد کل ندارد (Shock *et al*., 2015; Boelt and Henriksen, 1991).

نتایج پژوهش دیگری در جنوب استرالیا نشان داد، بیشینه عملکرد بازارپسند (قطر بیشتر از ۵۰ میلی‌متر) از تراکم بوته ۸۰۰-۷۵۰ هزار بوته در هکتار به مقدار ۷۰/۶ تن در هکتار به‌دست آمد (Rogers, 1978). پیش از این نیز گزارش شده بود که در تاسمانیای استرالیا حداکثر عملکرد بازارپسند (قطر بیشتر از ۵۰ میلی‌متر)، بسته به سال آزمایش از تراکم ۴۵۰ و ۷۰۰ هزار بوته در هکتار به ترتیب به مقدار ۵۵ و ۷۵ تن در هکتار به دست آمد (Frappell, 1973).

تگن و همکاران (Tegen *et al*., 2016) با بررسی اثر فاصله بین ردیف ۲۵- ۱۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰- ۴ سانتی‌متر (تراکم های ۴۰ تا ۱۶۶ بوته در مترمربع) بر روی یک رقم پیاز گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته، درصد پیازهای کوچک (قطر کمتر از ۴۵ میلی‌متر) افزایش و درصد پیازهای بزرگ (قطر بیشتر از ۶۵ میلی‌متر) کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین پیازهای کوچک و کمترین پیازهای بزرگ به میزان ۵۶/۷۸ و ۷/۹۱ درصد در آرایش کاشت ۴×۱۵ سانتی‌متر به‌دست آمد.

دارابی (Darabi, 2016) با بررسی اثر تاریخ کاشت، فاصله بین ردیف ۴۰-۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰-۵ سانتی‌متر در جمعیت بهبودیافته پیاز بهبهان گزارش کرد که بیشترین عملکرد پیاز قابل فروش به مقدار ۶۰/۲۴ تن در هکتار از تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع با آرایش کاشت ۵×۲۰ به دست آمد. افشارمنش و خدادادی (Afsharmanesh and Khodadadi, 2006) با بررسی تراکم‌های ۱۰۰-۲۵ بوته در مترمربع بر روی یک رقم پیاز هیبرید در جیرفت گزارش کردند که بیشترین عملکرد پیاز از تراکم ۶۶/۷ بوته در مترمربع به مقدار ۵۳/۴ تن در هکتار به‌دست آمد. رقم مروارید (جمعیت بهبود یافته پیاز سفید قم) در واقع یک انتخاب از جمعیت پیاز استان قم است که پس از طی فرایند به نژادی با استفاده از روش انتخاب توده‌ای با آزمون نتاج و با انجام آزمایش‌های سازگاری، پایداری عملکرد و تحقیقی-ترویجی، به عنوان اولین رقم پیاز خوراکی در سال ۱۳۹۹ آزاد سازی شد (Rostam Foroudi, 2021). رقم زرگان از جمله ارقام تجاری پیاز با منشاء خارجی است که در مناطق کشت بهاره در سطح وسیعی کشت می‌شود.

با توجه به اینکه آرایش کاشت و تراکم بوته در واحد سطح مناسب جهت دستیابی به بیشینه عملکرد پیاز بازارپسند در ارقام مختلف پیاز یکسان نیست، این پژوهش به منظور تعیین آرایش کاشت و تراکم بوته بهینه برای رقم

جدید مروارید و رقم تجاری زرگان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی اثر تراکم بوته و آرایش کاشت بر عملکرد، اندازه سوخ و انبارمانی دو رقم پیاز خوراکی در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. ارقام پیاز مورد آزمایش شامل رقم مروارید (رقم جدید) با میانگین عملکرد کل ۸۰ تن در هکتار و رقم تجاری زرگان با میانگین عملکرد کل ۷۵ تن در هکتار بودند. هر دو رقم جزو ارقام روز متوسط (روز متوسط متمایل به روز بلند)، مناسب کشت بهاره در مناطق معتدل کشور می باشند. ارقام مروارید و زرگان دارای پتانسیل عملکرد بالا و با قابلیت انبارمانی طولانی هستند، ولی از نظر برخی خصوصیات از جمله شکل سوخ (در مروارید بیضی متقاطع و در زرگان گرد)، محل تشکیل سوخ در خاک (در مروارید نیمه سطحی و در زرگان سطحی)، رنگ پوست سوخ (در مروارید سفید و در زرگان مسی) و تحمل نسبت به آفت تریپس دارای تفاوت‌هایی می باشند (Rostam Foroudi, 2021).

آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی به ارقام پیاز در دو سطح شامل مروارید و زرگان و کرت‌های فرعی به آرایش کاشت شامل فاصله‌های بین ردیف ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر و فاصله‌های روی ردیف ۵، ۷/۵، ۱۰و ۱۲/۵ سانتی‌متر به صورت فاکتوریل بود که ترکیب فواصل مختلف، تراکم ۴۰ تا ۲۰۰ بوته در مترمربع را تشکیل داد. روش کشت به صورت نشائی بود. برای اجرای آزمایش، زمین به صورت جوی و پشته‌ای به نحوی تهیه شد که هر کرت آزمایشی از دو پشته با عرض مفید هر کدام ۶۰ سانتی‌متر و به طول سه متر تشکیل شد. نشاءها در سال اول و دوم به ترتیب در تاریخ ۱۷ و ۲۲ اردیبهشت در مرحله دو تا سه برگی به زمین اصلی منتقل شدند.

میزان کود مصرفی براساس آزمون خاک، شامل ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره بود که یک سوم آن در زمان تهیه زمین به همراه ۱۵۰ کیلوگرم سولفات دو پتاس و ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل استفاده شد. باقیمانده کود نیتروژن به صورت سرک در دو مرحله تا یک ماه بعد از انتقال نشاء و قبل از مرحله سوخ‌دهی به خاک اضافه شد. عملیات داشت شامل کنترل علف‌های هرز، مبارزه با آفت تریپس و محلول‌پاشی با کود کامل، بسته به مراحل فنولوژیکی گیاه و در مواقع ضروری انجام شد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای و با نوار تیپ بود.

برداشت سوخ‌ها در زمان رسیدن فیزیولوژیک، موقعی که برگ‌های هوایی حدود ۸۰ درصد بوته‌ها افتاده بودند، انجام شد. در هر کرت آزمایشی با توجه به فواصل روی ردیف ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر و با در نظر گرفتن اثر حاشیه و حذف دو ردیف کناری از هر پشته در مجموع به ترتیب سوخ‌های ۸، ۴ و ۲ ردیف

برداشت، شمارش و توزین شد. عملکرد هر کرت آزمایشی با توجه به سطح برداشت شده و وزن سوخ‌ها محاسبه و به تناسب آن عملکرد کل برحسب تن در هکتار برآورد شد. عملکرد بازارپسند از تفاضل مجموع عملکرد پیازهای کوچک، دوقلو و گردن کلفت از عملکرد کل به‌دست آمد.

درصد وزنی پیازهای با اندازه‌های قطری کوچک، متوسط، بزرگ و خیلی بزرگ، با گذراندن سوخ‌ها از شابلونی که اشکال دایره‌ای با قطرهای مختلف برروی آن ایجاد شده بود و توزین پیازهای هر گروه نسبت به عملکرد کل تعیین شد. چهار گروه قطری شامل پیازهای کوچک (قطر ۵۷-۲۵ میلی‌متر)، متوسط (قطر ۸۳-۵۸ میلی‌متر)، بزرگ (قطر ۹۵-۸۴ میلی‌متر) و خیلی بزرگ (قطر۱۰۸-۹۶ میلی‌متر) بودند (Anonymous, 2014; Shock, *et al*., 2015).

درصد وزنی پیازهای دوقلو و گردن کلفت برای هر کرت آزمایشی نیز با توزین آنها نسبت به عملکرد کل محاسبه شد. برای بررسی قابلیت انبارمانی از درصد وزنی پیازهای جوانه‌زده و پوسیده استفاده شد. این ویژگی با بررسی تعداد و وزن پیازهای جوانه‌زده و پوسیده در هر کرت آزمایشی از آبان و پس از چهار ماه نگهداری در انبار معمولی (با میانگین دمایی یک الی نه درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰ تا ۷۰ درصد) به‌دست آمد.

به منظور اطمینان از همگن بودن واریانس اشتباه‌های آزمایشی از آزمون بارتلت استفاده گردید. تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Yazdi Samadi *et al*., 2013) در سطح احتمال پنج درصد، با استفاده از برنامه‌ی آماری SAS انجام شد. برای نرمال کردن توزیع داده‌های برخی از صفات از جمله درصد وزنی پیازها با اندازه‌های قطری کوچک، بزرگ، دوقلو و گردن کلفت و پیازهای جوانه‌زده و پوسیده از تبدیل لگاریتمی $\log(x+1)$ و برای درصد وزنی پیازهای خیلی بزرگ از تبدیل ریشه دوم $\sqrt{x+0.5}$ استفاده شد. گروه‌بندی میانگین‌ها بر روی داده‌های تبدیل شده انجام شد، اما برای درک بهتر تفاوت ها، در جداول مقایسه میانگین ها از اعداد اصلی استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده ها برای صفات مختلف در جدول ۱ ارائه شده است. ارقام پیاز برای کلیه صفات، بجز عملکرد بازار پسند، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار داشتند. تفاوت بین دو رقم پیاز مورد بررسی برای عملکر بازار پسند در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۱). اثر فاصله بین ردیف بر کلیه صفات، بجز انبار مانی، در سطح احتمال یک درصد معنی دارد بود. در حالیکه اثر فاصله روی ردیف بر کلیه صفات در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). اثر متقابل سه‌گانه رقم × فاصله ردیف × فاصله روی

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد کل، اندازه‌سوخ، عملکرد بازار پسند، وزن سوخ و انبارمانی ارقام پیاز در آرایش های مختلف کاشت

Table 1. Combined analysis of variance for total yield, bulb size, marketable yield, bulb weight and storage-life of onion cultivars in different planting arrangements

			Mean Squares میانگین مربعات								
				Bulb size اندازه سوخ							
S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی d.f.	عملکرد کل Total yield	کوچک Small	متوسط Medium	بزرگ Large	خیلی بزرگ Very large	پیازهای دوقلو و گردن کلفت Doubles and thick neck bulbs	عملکرد بازارپسند Marketable yield	وزن سوخ Bulb weight	جوانه‌زنی و پوسیدگی سوخ Bulb sprouting and decay
Year (Y)	سال	1	1460.8321**	0.7678**	89.5862	0.2292*	0.3516	0.0949*	3772.8643**	6494.7481**	2.0182**
R (Y)	تکرار در سال	4	614.4214	0.1052	314.5808	0.0462	0.5677	0.0482	961.5547	766.4648	0.1009
Cultivar (C)	رقم	1	3976.0381**	1.3407**	7015.4580**	9.3238**	62.9113**	34.0910**	2491.5271*	7629.7313**	2.7236**
Y × C	سال × رقم	1	507.7135*	0.0016	323.7600	0.4563**	0.3516	0.0677*	530.3148*	1046.1990*	0.03692**
R × C (Y)	تکرار × رقم (سال)	4	1313.1195	0.0104	131.6382	0.0786	0.5677	0.0422	1141.2691	2460.5835	0.0692
Inter row spacing (A)	فاصله بین ردیف	2	6717.6334**	1.0878**	388.8221*	3.2598**	4.3618**	0.4682**	758.6961**	19254.3577**	0.0007
Intra row spacing (B)	فاصله روی ردیف	3	9048.3848**	2.1077**	681.1820**	2.1360**	12.2111**	0.9647**	914.1852**	14442.0026**	0.5504**
A × B	فاصله بین ردیف × فاصله روی ردیف	6	95.7110	0.0304*	279.7865**	0.0717	0.7100**	0.1108**	230.9683*	373.6293	0.0145
C × A	رقم × فاصله بین ردیف	2	464.7486**	0.1614**	1567.6378**	0.9690**	4.3618**	0.1231**	1629.4317**	88.0477	0.1194
C × B	رقم × فاصله روی ردیف	3	4.1617	0.0156	3804.6059**	0.0950**	12.2111**	0.0119	903.2578**	213.6400	0.0507**
C × A × B	رقم × فاصله بین ردیف× فاصله روی ردیف	6	154.6078*	0.0314*	173.7982*	0.0822**	0.0710**	0.0399*	167.0661*	108.5798	0.0165
Y × A	سال × فاصله بین ردیف	2	131.8432	0.0186	77.6053	0.0001	0.2436	0.0049	228.2752	225.0167	0.0954
Y × B	سال × فاصله روی ردیف	3	267.7313*	0.1446**	178.2139	0.1509**	0.2034	0.0083	460.8472**	583.1412*	0.0069
Y × A × B	سال × فاصله بین ردیف× فاصله روی ردیف	6	98.4239	0.0179	30.2671	0.0203	0.0600	0.0168	68.9667	298.3420	0.0164
Y × C × A	سال× رقم × فاصله بین ردیف	2	102.1837	0.0377*	57.3473	0.0127	0.2436	0.0102	37.6489	25.4811	0.0501**
Y × C × B	سال × رقم × فاصله روی ردیف	3	130.9118	0.0234	305.1518*	0.0245	0.2034	0.0388	244.4548	11.9323	0.0150
Y × C × A × B	سال × رقم × فاصله بین ردیف × فاصله روی ردیف	6	103.6088	0.0142	81.5428	0.0391	0.060	0.0263	132.9986	152.3071	0.0283
Error	خطا	88	79.0775	0.0114	91.3473	0.0369	0.0113	0.0159	107.3338	204.5433	0.0153
C.V. (%)	ضریب تغییرات (درصد)	.....	10.69	8.26	17.20	22.72	24.60	19.52	18.60	12.72	14.50

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

ردیف بر عملکردکل، عملکرد بازارپسند، درصد وزنی پیازهای کوچک، متوسط، بزرگ، خیلی بزرگ، دوقلو و گردن کلفت در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین ها برای اثر متقابل سه‌گانه رقم × فواصله بین ردیف × فاصله روی ردیف نشان داد که در بیشترین تراکم بوته، ۲۰۰ بوته در متر مربع (آرایش کاشت ۵ × ۱۰ سانتی‌متر) بیشترین عملکرد کل به مقدار ۱۲۴/۳ و ۱۰۵/۲ تن در هکتار به ترتیب در ارقام مروارید و زرگان مشاهده شد (جدول ۲). البته در این تراکم بوته، عملکرد کل رقم مروارید با سایر تیمارها تفاوت خیلی معنی‌دار داشت (جدول ۲). به نظر می‌رسد با توجه به درصد وزنی پیازهای کوچک (۳۸/۳۱ درصد) در رقم مروارید، در این تراکم بوته، هنوز این رقم قابلیت دارد که با افزایش تراکم بوته، بیشتر از سطوح تراکم بوته در این آزمایش، عملکرد رقم مروارید افزایش یابد. در رقم زرگان تفاوت عملکردکل بین آرایش‌های کاشت ۵ ×۱۰ و ۷/۵ ×۱۰ سانتی‌متر (۲۰۰ و ۱۳۳/۳ بوته در مترمربع) معنی دار نبود، اما با افزایش تراکم از ۱۳۳/۳ به ۲۰۰ بوته در مترمربع، درصد وزنی پیازهای کوچک تولیدی از ۴۹/۴۳ به ۶۴/۱۲ درصد افزایش یافت (جدول ۲). بلیسدیل (Bleasdale, 1966) گزارش کرد، عملکرد کل با افزایش تراکم بوته تا حدودی افزایش می‌یابد ولی پس از آن افزایش بیشتر تراکم بوته باعث کاهش عملکرد می‌شود. البته علیرغم افزایش عملکرد در برخی تراکم بوته های بیشتر، پیازها از نظر اندازه خیلی کوچک می‌شوند که برای بازارهای معمول مناسب نیستند.

مقایسه میانگین ها نشان داد که با کاهش تراکم بوته در هر دو رقم، عملکردکل کاسته شد، اما میانگین وزن سوخ افزایش یافت (جدول ۲). در حالیکه با افزایش تراکم بوته میانگین وزن سوخ در ارقام مروارید و زرگان کاهش یافت. در ارقام مروارید و زرگان کمترین میانگین وزن سوخ به ترتیب با ۷۷/۰۷ و ۶۴/۳۴ گرم در بیشترین تراکم بوته (۵ × ۱۰ سانتی‌متر) و بیشترین مقدار میانگین وزن سوخ به ترتیب با ۱۶۱/۸ و ۱۴۶ گرم در کمترین تراکم بوته (۱۲/۵ × ۲۰ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۲). بولت وهنریکسن (Boelt and Henriksen, 1991) وموندال و همکاران (Mondal *et al*., 1986) نیز گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته عملکرد کل افزایش داشت، ولی میانگین وزن و اندازه سوخ به شدت کاهش یافتند.

درصد وزنی پیازهای کوچک با افزایش تراکم بوته افزایش یافت (جدول ۲). البته درصد وزنی پیازهای کوچک در رقم زرگان در تراکم بوته های مشابه و بویژه تراکم بوته های زیاد بیشتر از رقم مروارید بود. به‌طوری‌که بیشترین مقدار پیازهای کوچک در تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع (۵ ×۱۰ سانتی‌متر) در رقم‌های زرگان و مروارید به ترتیب به میزان ۶۴/۱۲ و ۳۸/۳۱ درصد مشاهده شد (جدول ۲). سانتوز و همکاران (Santos *et al*., 2018) گزارش

جدول۲- مقایسه میانگین عملکرد کل، اندازه سوخ، عملکرد بازار پسند، وزن سوخ و انبارمانی ارقام پیاز تحت تاثیر برهمکنش رقم × فاصله بین ردیف × فاصله روی ردیف

Table 2. Mean comparison of total yield, bulb size, marketable yield, bulb weight and storage-life of onion cultivars as affected by cultivars × inter row spacing × intra row spacing interaction

رقم Cultivar	فاصله بین ردیف (سانتی متر) Inter row spacing (cm)	فاصله روی ردیف (سانتی متر) Intra row spacing (cm)	عملکرد کل (تن در هکتار) Total yield (t ha^{-1})	Bulb size (%)* اندازه سوخ (٪)* کوچک Small	 متوسط Medium	 بزرگ Large	 خیلی بزرگ Very large	پیازهای دوقلو و گردن کلفت (٪) Doubles and thick neck bulbs (%)	عمکرد بازارپسند (تن در هکتار) Marketable yield (t ha^{-1})	وزن سوخ (گرم) Bulb weight (g)	جوانه‌زنی و پوسیدگی سوخ (٪) Bulb sprouting and decay (%)
مروارید Morvarid	10	5.0	124.3a	38.31bc	50.24f-j	3.19ghi	0.00e	7.92f	67.0abc	77.07ij	3.05ij
		7.5	105.6b	25.16de	58.16c-g	6.56def	0.00e	9.93def	69.2ab	87.79ghi	3.60hij
		10.0	99.2bc	16.88fg	54.19e-i	12.50bcd	3.56d	12.84cde	71.0a	112.48def	4.23ghi
		12.5	80.8de	10.53hij	43.96h-k	18.55ab	7.38c	19.56b	56.6b-f	115.45de	6.61d-g
	15	5.0	106.6b	25.56de	57.61d-g	6.99c-f	0.00e	9.83def	68.9ab	92.17ghi	3.05ij
		7.5	102.0b	18.34ef	58.68c-g	13.31bc	0.00e	9.65ef	73.7a	125.54cd	4.67ghi
		10.0	82.9de	9.60hij	45.93g-h	21.34ab	8.53c	14.59bcd	63.1bcd	143.90b	5.84e-h
		12.5	68.8fgh	9.18ijk	35.61k-l	26.38a	9.41bc	19.41bc	49.1d-g	139.19bc	8.05def
	20	5.0	90.0cd	23.41de	60.07c-f	9.43cde	0.34e	6.73f	62.8bcd	100.94e-h	2.49j
		7.5	76.9ef	15.62fg	50.51f-j	12.61bcd	6.94c	14.30bcd	53.8c-f	135.17bc	3.26ij
		10.0	64.0ghi	10.36hij	39.67jkl	19.35ab	11.27b	19.34bc	44.7fg	144.73ab	5.31fgh
		12.5	60.1hi	6.57k	28.48l	19.85ab	15.50a	29.41a	37.9g	161.80a	9.15a-d
زرگان Zargan	10	5.0	105.2b	64.12a	35.87kl	0.00j	0.00e	0.00j	38.5g	64.34j	8.17def
		7.5	97.1bc	49.43ab	50.62f-j	0.00j	0.00e	0.00j	50. 7d-g	83.91hi	9.77a-d
		10.0	74.2efg	42.21bc	57.64d-g	0.00j	0.00e	0.14j	44.9fg	85.17hi	10.47a-d
		12.5	67.0fgh	28.06de	68.16a-d	3.78fgh	0.00e	0.00j	50.1d-g	98.18e-h	12.99ab
	15	5.0	97.5bc	55.41a	42.31ijk	2.27i	0.00e	0.00j	44.3fg	82.22ij	9.37b-e
		7.5	81.1de	30.64cd	65.20b-e	4.15fg	0.00e	0.00j	56.9b-f	104.13efg	8.06def
		10.0	78.4ef	13.01gh	80.15a	5.83efg	0.00e	1.01i	67.6abc	122.49cd	11.92abc
		12.5	60.2hi	12.83hi	76.65ab	8.71cde	0.00e	1.80j	52.0d-g	124.67cd	11.52a-d
	20	5.0	85.7de	41.11bc	55.15e-h	3.74ghi	0.00e	0.00j	50.9d-g	94.74f-i	7.12d-g
		7.5	75.4efg	17.81fg	74.15ab	7.21c-f	0.00e	0.81i	61.8b-e	124.46cd	8.35c-f
		10.0	59.8hi	11.97hi	74.18ab	12.21bcd	0.00e	1.62h	52.1d-g	131.11bc	8.31c-f
		12.5	53.4i	7.77jk	70.52abc	18.55ab	0.00e	2.89 g	47.9efg	146.09ab	14.51a

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, with at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

*اندازه سوخ : کوچک (۵۷- ۲۵ میلی متر)، متوسط (۸۳-۵۸ میلی متر)، بزرگ (۹۵- ۸۴ میلی متر) و خیلی بزرگ (۱۰۸-۹۶ میلی متر).

*Bulb size: Small (25-57 mm), Medium (58-83 mm), Large (84-95 mm) and Very large (96-108 mm).

کردند که برخی ارقام پیاز نسبت به تراکم‌بوته های زیاد حساس‌تر بوده و درصد پیازهای کوچک بیشتری تولید می‌کنند. این موضوع می‌تواند علاوه بر ژنتیک رقم، به تفاوت در محل تشکیل سوخ در خاک نیز مربوط باشد. پیش از این نیز تفاوت دو رقم مروارید و زرگان از نظر محل تشکیل سوخ در خاک گزارش شده است، به‌گونه‌ای که سوخ‌ها در رقم مروارید به صورت نیمه‌سطحی و در رقم زرگان به‌صورت سطحی تشکیل می‌شوند (Rostam Foroudi, 2006; Darabi, 2009; Sheikh *et al*., 2015).

تراکم بوته‌های زیاد، سوخ‌ها به یکدیگر فشار بیش از حد وارد کرده که موجب کوچک و یا بد شکل شدن آنها می‌شود. البته این عارضه در رقم مروارید کمتر از رقم زرگان است، زیرا همانگونه که ذکر شد، در رقم مروارید سوخ‌ها در زمان رسیدگی به صورت نیمه‌سطحی در خاک تشکیل می‌شوند. بنابراین در رقم مروارید در تراکم بوته های زیاد و در اثر فشار پیازها به‌هم، برخی از سوخ‌ها به سطح خاک رانده می شوند و در نهایت پیازهای کوچک کمتری نسبت به رقم زرگان تولید شد (جدول ۲). در رقم مروارید با کاهش تراکم بوته، بویژه در تراکم بوته‌های کم، درصد وزنی پیازهای دوقلو و گردن کلفت افزایش قابل‌توجهی داشت (جدول ۲).

بیشترین درصد دوقلویی و پیازهای گردن کلفت در کمترین تراکم بوته (۱۲/۵ × ۲۰ سانتی‌متر)، در رقم‌های مروارید و زرگان به ترتیب به میزان ۲۹/۴۱ و ۲/۸۹ درصد مشاهده شد (جدول ۲). می (May *et al*., 2007) و کانتون و همکاران (Kanton *et al*., 2002) گزارش کردند که حساسیت ارقام نسبت به دو قلوزایی متفاوت بود و با کاهش تراکم بوته به دلیل رقابت کمتر بین بوته‌ها، تعداد پیازهای دو قلو و گردن‌کلفت افزایش یافت.

در رقم مروارید با کاهش تراکم بوته از میزان درصد وزنی پیازهای کوچک از ۳۸/۳۱ به ۶/۵۷ درصد کاسته شد، اما به دلیل افزایش هم‌زمان درصد وزنی پیازهای دوقلو و گردن‌کلفت از ۷/۹۲ به ۲۹/۴۱ درصد، فقط به میزان ۲۲/۱۷ درصد از درصد وزنی پیازهای غیربازارپسند کاسته شد (جدول ۲). با توجه به اینکه رقم زرگان حساسیت کمتری به دوقلوزایی داشت، کاهش تراکم بوته باعث کاهش درصد وزنی پیازهای کوچک (از ۶۴/۱۲ به ۷/۷۷ درصد)، افزایش ناچیز درصد پیازهای دوقلو و گردن‌کلفت از صفر به ۲/۸۹ درصد شد که در نتیجه درصد پیازهای غیربازارپسند به میزان قابل‌توجهی (۸۳/۳۷ درصد) کاهش یافت (جدول ۲). این نتایج با یافته های سانتوز و همکاران (Santos *et al*., 2018) در این خصوص مطابقت داشت. ایشان اظهار داشتند که در ارقام پیاز مورد آزمایش، با کاهش تراکم بوته به علت افزایش قطر سوخ‌ها و تفاوت در حساسیت به دو قلوزایی، درصد پیازهای غیربازارپسند به میزان متفاوتی از ۵۸ تا ۱۰۰ درصد کاهش یافت.

در رقم مروارید بیشترین عملکرد بازارپسند به

مقدار ۷۳/۷ تن در هکتار از تراکم ۸۸/۸ بوته در مترمربع با آرایش کاشت ۷/۵ × ۱۵ سانتی‌متر به‌دست آمد که البته با آرایش‌های کاشت در تراکم بوته های بیشتر (آرایش‌های کاشت ۱۰ × ۱۰، ۷/۵ ×۱۰، ۵ × ۱۵ و ۵ ×۱۰ سانتی‌متر) از نظر عملکرد بازارپسند تفاوت معنی دار نداشت (جدول ۲). در رقم زرگان بیشترین عملکرد بازارپسند به مقدار ۶۷/۶ تن در هکتار از تراکم ۶۶/۷ بوته در مترمربع با آرایش کاشت ۱۰ × ۱۵ سانتی‌متر حاصل شد که با تراکم بوته مساوی اما با آرایش کاشت متفاوت (۷/۵ ×۲۰ سانتی‌متر) و همچنین با تراکم بیشتر ۸۸/۸ بوته در مترمربع (آرایش کاشت ۷/۵ × ۱۵ سانتی‌متر) از نظر عملکرد بازارپسند تفاوت معنی دار نداشت (جدول ۲). بر این اساس، به ترتیب برای رقم‌های مروارید و زرگان آرایش‌های کاشت ۷/۵ × ۱۵ و ۱۰ × ۱۵ سانتی‌متر (تراکم ۸۸/۸ و ۶۶/۷ بوته در مترمربع) جهت دستیابی به بیشینه عملکرد بازارپسند را می توان توصیه کرد. یافته های این آزمایش با نتایج هتریج-اش و بنت (Hatridge-Esh and Bennett, 1980)، راجرز (Rogers, 1978) و فرپل (Frappell, 1973) که بیشترین عملکرد بازارپسند را در تراکم ۸۰-۷۰ بوته در متر مربع به‌دست آوردند، مطابقت داشت.

در رقم مروارید با آرایش‌های کاشت متفاوت ۱۰ × ۱۰ و ۵ × ۲۰ سانتی‌متر، اما تراکم‌بوته های مساوی (۱۰۰ بوته در مترمربع) و همچنین آرایش کاشت های ۱۰ × ۱۵ و ۷/۵ × ۲۰ سانتی‌متر (تراکم ۶۶/۷ بوته در مترمربع)، حدود ۱۰ درصد افزایش عملکرد مشاهده شد (جدول ۲). این افزایش عملکرد کل از طریق کاهش درصد وزنی پیازهای کوچک و متوسط به میزان حدود ۳۳ و ۱۰ درصد و افزایش وزن پیازهای بزرگ و خیلی بزرگ به میزان حدود ۵۰ و ۵۰۰ درصد حاصل شد. اما در رقم زرگان در تراکم ۶۶/۷ بوته در مترمربع، عملکرد کل حدود ۵ درصد افزایش نشان داد و در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع عملکرد کل به میزان ۱۳/۴ درصد کاهش یافت (جدول ۲). این نتایج برای رقم مروارید با یافته های بروستر (Brewster, 1994) و هتریج-اش و بنت (Hatridge-Esh and Bennett, 1980) در خصوص افزایش عملکرد کل در اثر دور شدن آرایش کاشت از شکل مستطیلی تا حدی انطباق داشت.

در رقم مروارید با کاهش تراکم بوته، درصد وزنی پیازهای بزرگ از ۳/۱۹ به ۱۹/۸۵ درصد افزایش یافت (جدول ۲). با توجه به اینکه برای تشکیل پیازهای خیلی بزرگ نیاز به فاصله بوته بیشتری است، پیازهای خیلی بزرگ از تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع با آرایش کاشت ۱۰ ×۱۰ سانتی‌متر شروع شد که با کاهش بیشتر تراکم بوته، میزان آن افزایش ۳/۵۶ تا ۱۵/۵ درصدی داشت (جدول ۲). در رقم زرگان پیازهای بزرگ از تراکم ۱۳۳/۳ بوته در مترمربع با آرایش کاشت ۵ × ۱۵ سانتی‌متر به میزان ۲/۲۷ درصد شروع شد و با کاهش بیشتر تراکم بوته بویژه درکمترین تراکم بوته (آرایش کاشت ۱۲/۵ × ۲۰ سانتی‌متر)

به میزان قابل‌توجهی (۱۸/۵۵ درصد) افزایش یافت (جدول ۲). در رقم مروارید با کاهش تراکم تا ۶۶/۷ بوته در مترمربع (آرایش کاشت ۱۰ × ۱۵ سانتی‌متر) تغییر چندانی در درصد وزنی پیازهای متوسط مشاهده نشد، اما با کاهش بیشتر تراکم بوته از مقدار درصد وزنی پیازهای متوسط کاسته و به درصد وزنی پیازهای بزرگ و خیلی بزرگ افزوده شد (جدول ۲). در رقم زرگان با توجه به اینکه در اغلب تراکم بوته‌ها درصد قابل‌توجهی از اندازه‌های پیاز به اندازه متوسط اختصاص داشت، به همین دلیل با کاهش تراکم بوته میزان درصد وزنی پیازهای متوسط تا حدود تراکم ۶۶/۷ بوته در مترمربع (آرایش کاشت ۱۰ × ۱۵ سانتی‌متر) به میزان ۸۰/۱۵ درصد افزایش یافت و از آن به بعد با کاهش بیشتر تراکم بوته، مقدار آن به‌طور جزئی کاسته شد (جدول ۲). تگن و همکاران (Tegen *et al*., 2016) گزارش کردند که کاهش تراکم بوته موجب افزایش درصد پیازهای بزرگ، کاهش درصد پیازهای کوچک و بویژه کاهش درصد پیازهای متوسط می‌شود.

در مدت انبارمانی رقم مروارید در اغلب تراکم بوته‌ها نسبت به رقم زرگان از درصد سوخ‌های جوانه‌زده و پوسیدگی کمتری برخوردار بود (جدول ۲). هر چند در این رقم نیز با کاهش تراکم بوته، درصد جوانه‌زنی و پوسیدگی سوخ‌ها افزایش یافت، بویژه هنگامی که کاهش تراکم بوته موجب افزایش قابل‌توجه درصد پیازهای بزرگ و خیلی بزرگ شد (جدول ۲). اما در رقم زرگان کاهش تراکم بوته، تأثیر کمتری بر درصد وزنی پیازهای جوانه‌زده و پوسیده داشت، به‌دلیل آن که با کاهش تراکم بوته هنوز سهم قابل‌توجهی از درصد وزنی سوخ‌ها به پیازهای کوچک و متوسط اختصاص داشت (جدول ۲).

بیشترین درصد وزنی پیازهای جوانه‌زده و پوسیده در ارقام مروارید و زرگان به ترتیب به میزان ۹/۱۵ و ۱۴/۵۱ درصد در کمترین تراکم بوته یعنی ۴۰ بوته در مترمربع در آرایش کاشت ۱۲/۵ × ۲۰ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۲). کاهسی و همکاران (Kahsay *et al*., 2013) و وارد (Ward, 1979) پیش از این به تفاوت ارقام پیاز در قابلیت انبارمانی و بیشتر بودن درصد جوانه‌زنی و پوسیدگی پیازهای بزرگ تر نسبت به پیازهای کوچکتر اشاره کرده بودند.

تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر متقابل سال × رقم بر عملکرد کل، عملکرد بازارپسند، میانگین وزن سوخ، درصد وزنی پیازهای بزرگ، دوقلو و گردن کلفت و پیازهای جوانه‌زده و پوسیده در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین ها نشان داد که هر دو رقم مروارید و زرگان در سال سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۹۷ به‌طور معنی‌داری عملکرد بازارپسند بیشتری داشتند (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد این تفاوت بیشتر به اثر سال و شرایط دمایی مناسب‌تر در سال دوم نسبت به سال اول مربوط بود، به‌ویژه حداکثر دمای مطلق و میانگین دما در مرداد که اوج زمان سوخ‌دهی پیاز است، در تابستان سال ۱۳۹۷ به‌ترتیب ۴۵ و

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد کل، اندازه سوخ، عملکرد بازار پسند، وزن سوخ و قابلیت انبارمانی ارقام پیاز تحت تاثیر برهمکنش متقابل سال × رقم

Table 3. Mean comparison of yield, bulb size and storage-life of onion cultivars as affected by of year × cultivars interaction

سال Year	Onion cultivars	ارقام پیاز	عملکرد کل (تن در هکتار) Total yield (t ha^{-1})	Bulb sizes (%)* اندازه سوخ (٪)* کوچک Small	متوسط Medium	بزرگ Large	خیلی بزرگ Very large	پیازهای دوقلو و گردن کلفت (٪) Doubles and thick neck bulbs (%)	عملکرد بازارپسند (تن در هکتار) Marketable yield (t ha^{-1})	وزن سوخ (گرم) bulb weight (g)	جوانه‌زنی و پوسیدگی سوخ (٪) Bulb sprouting and decay (%)
2018	Morvarid	مروارید	83.4b	19.92b	49.30c	10.08b	4.64b	15.98a	52.8bc	110.27b	6.01b
	Zargan	زرگان	76.6c	33.44a	60.26b	5.59c	0.00c	0.70c	48.3c	101.11c	14.02a
2019	Morvarid	مروارید	93.5a	15.92c	47.88c	18.26a	5.84a	12.94b	66.8a	129.14a	3.85c
	Zargan	زرگان	79.2c	28.95b	64.84a	5.54c	0.00c	0.76c	54.7b	109.15b	6.06b

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, with one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

* اندازه سوخ : کوچک (۵۷– ۲۵ میلی متر)، متوسط (۸۳–۵۸ میلی متر)، بزرگ (۹۵– ۸۴ میلی متر) و خیلی بزرگ (۱۰۸–۹۶ میلی متر).

*Bulb size: Small (25-57 mm), Medium (58-83 mm), Large (84-95 mm) and Very large (96-108 mm).

۲۹/۶ درجه سانتی‌گراد و در سال ۱۳۹۸ به‌ترتیب ۴۰/۴ و ۸/ ۲۷ درجه سانتی‌گراد بود. در واقع در سال ۱۳۹۸ دمای بیشینه مطلق و میانگین دما در زمان اوج سوخ‌دهی پیاز خنک تر و شرایط دمایی برای تشکیل سوخ ها مناسب‌تر بود. رابینوویچ و بروستر (Rabinowitch and Brewster, 1990) به اثر سال در کشت بهاره پیاز با میانگین دمای خنک‌تر در یک سال نسبت به سال دیگر و اثر آن بر افزایش عملکرد کل اشاره کردند.

در رقم زرگان عملکرد کل بیشتر شامل پیازهایی با اندازه‌های متوسط و کوچک بود (حدود ۹۳/۸ درصد)، ولی در رقم مروارید، علاوه بر پیازهای کوچک و متوسط، سایر اندازه‌های سوخ و همچنین پیازهای دوقلو و گردن کلفت نیز مؤثر بودند. از این‌رو افزایش عملکرد بازارپسند در سال دوم در رقم زرگان در اثر کاهش درصد وزنی پیازهای کوچک و افزایش درصد وزنی پیازهای متوسط بود (جدول ۳). در صورتی که در رقم مروارید این موضوع در اثر کاهش درصد وزنی پیازهای کوچک، دوقلو و گردن کلفت و هم زمان افزایش پیازهای بزرگ و خیلی بزرگ بود (جدول ۳).

شرایط محیطی نامساعد علاوه بر افزایش درصد پیازهای دوقلو و گردن کلفت، می‌تواند در رسیدگی و بسته شدن کامل گردن پیاز در زمان برداشت نیز اثر سوء داشته باشد که در نهایت باعث افزایش درصد جوانه‌زنی و پوسیدگی سوخ‌ها در انبار می‌شود. موسی (Mousa, 2015) به اثر شرایط محیطی نامناسب بر تشدید درصد دوقلوزایی و برایس و همکاران (Brice *et al.*, 1997) به افزایش ضایعات انباری در صورت نگهداری پیازهای نارس در انبار اشاره داشتند.

تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر متقابل سال × فاصله بوته روی ردیف بر عملکردکل، عملکرد بازارپسند، وزن سوخ، درصد وزنی پیازهای کوچک و بزرگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل سال × فاصله بوته روی ردیف نشان دادکه در هر دو سال آزمایش با افزایش فاصله بوته روی ردیف، عملکرد کل کاهش و میانگین وزن سوخ افزایش یافت، اما در سال ۱۳۹۸ میزان کاهش عملکرد کل کمتر و میزان افزایش میانگین وزن سوخ، بیشتر از سال ۱۳۹۷ بود (جدول ۴). در هر دو سال آزمایش با افزایش فاصله بوته روی ردیف، درصد وزنی پیازهای کوچک کاهش و درصد وزنی پیازهای بزرگ و پیازهای دوقلو و گردن کلفت افزایش یافت، اما در سال ۱۳۹۸ میزان این تغییرات از سال ۱۳۹۷ بیشتر بود (جدول ۴).

میانگین عملکرد کل در هر دو سال آزمایش با افزایش فاصله بوته روی ردیف به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). این نتیجه را می‌توان با کاهش تعداد بوته‌ها در واحد سطح مرتبط دانست. اما در خصوص عملکرد بازارپسند، نتایج کمی پیچیده‌تر بود، به گونه‌ای

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد کل، اندازه سوخ، عملکرد بازار پسند، وزن سوخ و قابلیت انبارمانی ارقام پیاز تحت تاثیر برهمکنش سال × فاصله روی ردیف

Table 4. Mean comparison of yield, bulb size and storage-life of onion cultivars as affected by of year × intra row spacing interaction

سال Year	فاصله روی ردیف (سانتی متر) Intra row spacing (cm)	عملکرد کل (تن در هکتار) Total yield (t ha^{-1})	Bulb size (%)* اندازه سوخ (٪)* کوچک Small	متوسط Medium	بزرگ Large	خیلی بزرگ Very large	پیازهای دوقلو و گردن کلفت (٪) Doubles and thick neck bulbs (%)	عملکرد بازارپسند (تن در هکتار) Marketable yield (t ha^{-1})	وزن سوخ (گرم) Bulb weight (g)	جوانه‌زنی و پوسیدگی سوخ (٪) Bulb sprouting and decay (%)
2018	5.0	102.1a	41.34a	50.14c	4.42de	0.00d	4.36f	56.7b	84.35d	7.85c
	7.5	86.7c	27.96b	57.63ab	6.53cd	1.13c	6.72c	57.1b	102.87c	8.48c
	10.0	71.6d	21.55c	55.49abc	8.97c	3.79b	10.17b	50.0b	113.39b	10.38b
	12.5	59.5e	16.21d	55.85abc	11.41b	4.35b	12.09ab	42.9c	122.15b	13.36a
2019	5.0	101.0a	41.64a	50.27c	4.11e	0.11d	3.79f	56.7b	86.14d	3.23e
	7.5	92.6b	24.38c	61.47a	8.09c	1.17c	4.83ef	66.9a	117.46b	4.09d
	10.0	81.2c	13.12e	61.75a	14.77b	3.99b	6.34cd	66.1a	133.23a	4.97d
	12.5	70.6d	8.77f	51.94bc	20.55a	6.43a	12.25a	56.4b	139.64a	7.57c

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, with at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

+. اندازه سوخ : کوچک (۵۷- ۲۵ میلی متر)، متوسط (۸۳-۵۸ میلی متر)، بزرگ (۹۵-۸۴ میلی متر) و خیلی بزرگ (۱۰۸-۹۶ میلی متر).

*Bulb size: Small (25-57 mm), Medium (58-83 mm), Large (84-95 mm) and Very large (96-108 mm).

که در سال ۱۳۹۷، سه فاصله بوته روی ردیف ۵، ۷/۵ و ۱۰ سانتی‌متر به طور معنی‌داری برتر از فاصله بوته روی ردیف ۱۲/۵ سانتی‌متر بودند، در صورتی‌که در سال ۱۳۹۸ فقط دو فاصله بوته روی ردیف ۷/۵ و ۱۰ سانتی‌متر این برتری را نشان دادند (جدول ۴). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که فواصل بوته روی ردیف ۷/۵ و ۱۰ سانتی‌متر در هر دو سال آزمایش در زمره تیمارهای برتر بودند. این نتیجه با یافته های هتریج-اش و بنت (Hatridge-Esh and Bennett, 1980) و راجرز (Rogers, 1978) در مورد نقش تراکم بوته در افزایش عملکرد بازارپسند پیاز مطابقت داشت.

نتایج این پژوهش نشان داد که آرایش‌های کاشت ۷/۵ × ۱۵ و ۱۰ × ۱۵ سانتی‌متر به‌ترتیب در ارقام مروارید و زرگان به دلیل مصرف تعدادکمتر نشاء در مقایسه با تراکم‌های بیشتر و تمایل کمتر به شکل هندسی مستطیل(Rectangular) نسبت به تراکم برابر در آرایش های کاشت دیگر برای تولید کنندگان پیاز توصیه شوند.

سپاسگزاری

نگارندگان بدین وسیله از مدیریت بخش تحقیقات سبزی‌های زراعی و حبوبات آبی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر برای فراهم آوردن امکانات لازم برای اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌کنند.

References

Afsharmanesh, Gh. R., and Khodadadi, M. 2006. The effects of plant density and nitrogen fertilizer levels on the yield of onion in Jiroft region. Pajouhesh and Sazandegi 72: 94-103. (in Persian).

Anonymous. 2014. United States standards for grades of Bermuda-Granex-Grano type onions. Washington DC. 9 pp.

Anonymous. 2021. FAO Statistical Data. Available on: https://faostat.fao.org/site/

Baier, J. E., Resende, J. T. V., Galvao, A. G., Battistelli, G. M., Muchado, M. M., and Faria, M. V. 2009. Productivity and income commercial use of onion bulbs as a function of crop density. Science and Agrotechnology 33: 496-501.

Bleasdale, J. 1966. The effects of plant spacing on the yield of bulb onions (*Allium cepa* L.) grown from seed. Journal of Horticultural Science 41: 145-153.

Boelt, B., and Henriksen, K. 1991. The effect of plant density and plant arrangement on yield, maturity and thick-necking in onion (*Allium cepa* L.). Tidsskr Planteaval 95: 205-215.

Bosekeng, G., and Coetzer, G. M. 2015. Response of onion (*Allium cepa* L.) to

sowing date and plant population in central free state, South Africa. African Journal of Agricultural Research 10: 179-187.

Brewster, J. L. 1994. Onion and Other Vegetable *Allium*. CAB International. Wallingford, UK. 236 pp.

Brice, J., Currah, L., Malins, A., and Bancroft, R. 1997. Onion storage in the tropics: A practical guide to methods of storage and their selection. Chatham, UK: Natural Resources Institute. 116 pp.

Darabi, A. 2009. Study of bulbing physiology in important local populations of Iranian onion in Behbahan and Karaj province. Ph.D. Thesis, College of Agriculture University of Tehran, Karaj, Iran. 162 pp. (in Persian).

Darabi, A. 2016. Effect of planting date and planting density on bulbing date, yield and agronomic traits of improved population of Behbahan onion. Seed and Plant Production Journal 32: 1-20. (in Persian).

Frappell, B. D. 1973. Plant spacing of onion. Journal of Hortiultural Science 48: 19-28.

Hatridge-Esh, K. A., and Bennet, J. P. 1980. Effect of seed weight, plant density and spacing on yield responses of onion. Journal of Horticultural Science 55: 247-252.

Kahsay, Y., Belew, D., and Abay, F. 2013. Effect of intra-row spacing on plant growth and yield of onion varieties (*Allium cepa* L.) at Aksum, northern Ethiopia. African Journal of Agricultural Research 10: 931-940.

Kanton, R. A. L., Abbey, L., Hilla, R. G., TAbil, M. A., and Jan, N. D. 2002. Density affects plant development and yield of bulb onion (*Allium cepa* L.) in northern Ghana. Journal of Vegetable Crop Production 2: 15-25.

May, A., Ceciliofilho, A. B., Porto, D. R. Q., Vargas, P. F., and Barbosa, J. C. 2007. Effect of nitrogen and potassium doses and density population on the classification of onion bulbs. Horticulture Brasileira 25: 369-401.

Miedema, P. 1994. Buld dormancy in onion. Pp. 152-153. In: Brewster, J. L. (ed.). Onion and Other Vegetable *Alliums*. University Press, Cambridge. UK.

Mondal, M. F., Brewster, J. L., Morris, G. E. L., and Butler, H. A. 1986. Bulb development in onion (*Allium cepa* L.) I. Effect of plant density and sowing date in field conditions. Annals of Botany 58: 187-195.

Mousa, M. A. A. 2015. Control of doubling and early bolting bulbs of onion genotypes by sizes of sets and irrigation systems. Life Science Journal 12 (1): 61-67.

Rabinowitch, H. D., and Brewester, J. L. 1990. Onion and Allied Crop. Volume 1.

CRC Press, Boca Raton. Florida. 273 pp.

Rogers, I. S. 1978. The influence of plant spacing on the frequency distribution of bulb weight and marketable yield of onions. Journal of Horticultural Science 53: 153-161.

Rostam Foroudi, B. 2006. Study on quantitative and qualitative characters of onion cultivars and determination of relation between some characters and storability. Seed and Plant Journal 1: 67-86 (in Persian).

Rostam Foroudi, B. 2021. Introduction of improved Sefid Qom onion population as Morvarid cultivar with high yield potential, tolerant to *Thrips tabaci* and suitable for spring planting in temperate regions of the country. Technical Report of Released Cultivar. Registered under no: 60144. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran. 40 pp. (in Persian).

Santos, J. P., Grangeiro, L. C., Sousa, V. F. L., Goncalves, F. D., Franca, F. D., and Cordeiro, C. J. X. 2018. Performance of onion cultivars as a function of spacing between plants. Agriambi 3: 212-217.

Sheikh, F., Feizbakhsh, M. T., Nazeri, M., and Nazari, Z. 2015. Evaluation of yield and morphological characteristics of Golestan white local onion populations. Research Achievement for Improvement Crop Production 1:29-40.

Shock, C. C., Fiebert, E. B. G., Riveira, A., and Saunders, L. D. 2015. Response of onion yield, grade and financial return to plant population and irrigation system. HortScience 50: 1312-1318.

Tegen, H., Jembere, M., Mihiretu, E., and Enyew, A. 2016. Influences of inter and intra row spacing on yield, yield component and morphological characteristics of onion (*Allium cepa* L.) at western Amhara region. African Journal of Agricultural Research 20: PP.1797-1804.

Ward, C. M. 1979. The effect of bulb size on the storage-life of onion. Annals of Applied Biology 91: 113-117.

Yazdi Smadi, B., Rezaei, A., and Valizadeh, M. 2013. Statsitical Designs in Agricutural Research. 9th Edition. Unvirsity of Tehran Press. Tehran, Iran. 764 pp.

Effect of Plant Density and Planting Arrangement on Yield, Bulb Size and Storage-Life of Two Onion (*Allium cepa* L.) Cultivars

B. Rostam Foroudi[1*] and M. J. Zamani[2]

1 and 2. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

ABSTRACT

Rostam Foroudi, B., and Zamani, M. J. 2022. Effect of plant density and planting arrangement on yield, bulb size and storage-life of two onion (*Allium cepa* L.) cultivars**. Seed and Plant Journal 38:** 365 -384 (in Persian).

To study the effect of plant density and planting arrangement on yield and bulb size of two onion cultivars, a filed experiment was carried out as split factorial arrangement in randomized complete block design with three replications in the research field of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran, in 2018-2019. Two onion cultivars, Morvarid and Zargan, were assigned to main plots, and inter row spacing of 10, 15, 20 cm and intra row spacing of 5, 7.5, 10, 12.5 cm as factorial were randomized in sub plots. Cv. Morvarid and cv. Zargan had the highest marketable yield in 15 × 7.5 and 15 × 10 cm planting arrangements (88.8 and 66.7 plant m^{-2}, respectively) with 73.7 and 67.6 t ha^{-1}, respectively. In cv. Morvarid and cv.Zargan, with decreasing the plant density, the proportion of small bulbs decreased from 38.31 to 6.57% and from 64.12 to 7.77%, respectively. In cv. Morvarid, with decreasing the plant density, large bulbs, doubles and thick neck bulbs increased from 3.19 to 19.85% and from 7.92 to 29.41%, respectively. In cv. Zargan, with decreasing the plant density to 66.7 plant m^{-2} (15 × 10 cm), the proportion of medium size bulbs increased from 35.87 to 80.15%. During the storage period, cv. Morvarid had lower percentage of bulb sprouting and decay than cv. Zargan in all planting arrangements. The results of this research showed that in cv. Morvarid and cv. Zargan, planting arrangements of 15 × 7.5 cm and 15 × 10 cm, respectively, could be recommended to onion producers, because less seedlings are required for transplantation when compared with higher plant densities.

Key words: Onion, total yield, marketable yield, bulb sprouting percentage, bulb decay.

***Corresponding author:** brforodi@yahoo.com **Tel.:** +982636702983

Received: 31 July 2022
Accepted: 08 October 2022